МАТЕМАТИЧЕСКИ ОДНОРОДНОЕ ПОЛЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ: ПОСТРОЕНИЕ ЯЗЫКА ЗАДАЧ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

УДК 519+61:681.3

ПРОКОПЧУК Юрий Александрович

к.ф.м.н., доцент, с.н.с. отдела системного анализа и проблем управления Института технической механики НАНУ и НКАУ;зав. центром телемедицины Днепропетровского областного центра кардиологии и кирдиохирургии

Научные интересы: интеллектуальные среды, системы поддержки принятия решений, интеллектуальные системы, базы знаний, когнитивные технологии

ВВЕДЕНИЕ

Приходит время, когда глобальную компьютерную среду в целом необходимо рассматривать как принципиально новую, универсальную по исполняемым функциям, техническую систему, все компоненты которой изначально обладают свойствами сильной связности [1, 2]. Эта система сможет взять на себя роль управляющего универсума - носителя потенциально неограниченного множества систем и процессов управления высокой структурно-динамической сложности. Конкретные антропоцентрические и сетецентрические системы управления в такой среде будут собираться выбором сильно связных компонентов (из множества доступных сетевых ресурсов) с требуемыми свойствами и функциями и программированием только необходимых связей между ними и недостающих функций.

Главные методологические цели теоретических исследований информационно-управляющих универсумов (сред) [1 - 9] - разработка и обоснование математических базисов высокого уровня реализующих трансдисциплинарный и когнитивный подходы, построение (анализ и синтез) моделей управления в этих базисах, моделей смыслопорождения, исследование свойств их корректности и эффективности, создание языка задач высокого уровня.

Главные методологические цели программной реализации разработанных математических моделей [1 - 9] - программирование базисов высокого уровня (создание библиотек таких базисов), программирование в соответствующих библиотечных базисах высокого уровня математических моделей управления.

Решение задач на компьютере обычно связано с необходимостью получения какой-либо информации. Формально эта потребность в информации, получаемой в результате решения задачи, выражается через определение множества Z всех возможных результатов решения этой задачи. Чтобы получить заключение $z \in Z$, необходима некоторая исходная информация, которая формально представляется исходными данными x задачи. Множество всех допустимых исходных данных задачи, которое должно быть формально определено, обозначим через X. Формальная постановка задачи или ее спецификация есть предикат $P(x, z)$, где $x \in X$, а $z \in Z$. Для допустимой спецификации задачи должно быть доказано утверждение о существования ее решения [3]: $\forall x \in X\ \exists z \in Z\ P(x, z)$. Желательно также, чтобы для нее было справедливо (доказано) и утверждение о единственности ее решения:

$$\forall x \in X\ \exists!\ z \in Z\ P(x, z). \quad (1)$$

В случае, если справедливы оба эти утверждения, разрабатывается алгоритм решения задачи, который представляет собой реализацию на алгоритмическом языке такого всюду определенного функционального отображения [3] $A: X \to Z$, что справедливо утверждение о правильности этого алгоритма: $\forall x \in X\ P(x, A(x))$.

Для получения x и реализации алгоритма A требуются определенные ресурсы (временные, вычислительные, технические, кадровые, энергетические и т.д.), иногда значительные. Если Res — это оператор оценки ресурсов, то ресурсоемкость реализации предиката P в рамках алгоритмической парадигмы определяется следующим образом:

$$Res(P) = Res(x) + Res(x \in X) + Res(A). \quad (2)$$

Может оказаться, что необходимых ресурсов для решения задачи в конкретной ситуации просто нет. Выход видится в создании интеллектуальных систем, позволяющих в ряде практически важных случаев существенно снизить требования к ресурсам, а также в изменении самой парадигмы вычислений [3, 7]. В случае построения интеллектуальных систем на основе парадигмы баз знаний [3] должно быть определено множество допустимых баз знаний $K(X', Z)$, где $X' \supseteq X$, а также спецификация задачи - предикат $P(x, k, z)$, где $x \in X'$, $k \in K(X', Z)$, $z \in Z$, причем предикаты принадлежности $x \in X'$, $z \in Z$ и $k \in K(X', Z)$ должны быть вычислимыми, а форма представления информации $x \in X'$, $z \in Z$ и $k \in K(X', Z)$ должна быть понятной экспертам и пользователям интеллектуальной системы.

В своем докладе на IFSA'05 посвященного развитию гранулярных вычислений Л. Заде выдвинул обоснованное утверждение о необходимости выбора уровня точности значений, согласованного с требованиями реальной задачи. Развивая это положение, Л. Заде разработал Theory of Precisiation of Meaning (TPM) - теорию уточнения значений. Основные положения этой теории изложены в статье [4].

Представляется, что описанные выше парадигмы решения задач не отвечают трансдисциплинарному и когнитивному подходам (образу мышления человека). Более того, до последнего времени не было достаточно обобщенных попыток представить себе эти механизмы на абстрактном уровне, т.е. с формальной стороны, разработать логику этих механизмов и особых структур.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными задачами настоящего исследования являются:

- разработка формальных логических оснований новой парадигмы, вводящей в процесс решения задач фундаментальные физические законы природы, такие как когерентность, самоорганизованная критичность, масштабная инвариантность, катастрофичность, грубость, хаос, естественный отбор (функциональный дарвинизм), «собственные формы» (EigenForm) и «собственное поведение» (EigenBehavior), синхронизация, нелокальность, фрактальная картина мира;
- построение наброска сущности «информация» с позиции наблюдателя;
- разработка когнитивной модели языков программирования и возможной структуры математически однородного поля компьютерной информации.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Задачи обработки данных и управления предлагается решать на основе парадигмы предельных обобщений (ППО) [7 - 9]. ППО – это основанный на эволюционном, когнитивном, деятельностном, синергетическом подходах комплекс методов самоорганизованной критичности, усложнения и рефлексии знаний, поведения, выявления предпараметров и параметров порядка эволюции сложных систем, процессов и ситуаций, а также использования ключевых параметров для управления эволюцией и осуществления деятельности. ППО является детализацией парадигмы сложности [5] применительно к когнитивным процессам, включая процессы решения задач.

Пусть имеет место эволюционный процесс (хаотического) расширения исходного множества X (порождение разнообразия):

$$X = X_{t=0} \to \ldots \to X_t \to \ldots, \ \forall t \ X \subseteq X_t. \quad (3)$$

Возможны расширения в 10^{100}, 10^{1000} раз и более, что эквивалентно информационной сингулярности или информационному взрыву. Приведем пример. Пусть T – температура тела, а ЧСС – частота сердечных сокращений. Зададим правила порождения новых значений:

T=38° $\to$ Повышенная $\to$ Ненормальная; ЧСС=100 $\to$ Тахикардия $\to$ Аритмия.

Имеем: x = <T=38°, ЧСС=100> $\to_t$ {<38°, 100>, <Повыш; Тахик>,…, <Ненорм; Аритмия>}.

Расширение X в $3^2 = 9$ раз. Отметим, что расширение сопровождается когерентностью: активность <T=38°, ЧСС=100> автоматически приводит к активности еще восьми наборов данных. Более того, все 9 наборов данных образуют структуру – орграф (рис. 1). При этом <T=38°, ЧСС=100> - самый точный или базовый набор, а <Ненорм; Аритмия> - максимально обобщенный или терминальный набор данных.

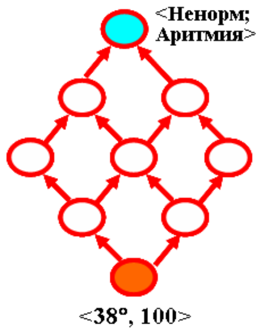

Рисунок 1 – Орграф обобщений

Подобную структуру порождает любой набор в исходном пространстве X=<T, ЧСС>. Отметим также, что активность любой вершины орграфа автоматически приведет к активности терминальной вершины. Если решается Z-задача, где Z={1- предположительно болен; 2- предположительно здоров}, то правило может быть таким:

$$T = \text{Ненорм} \vee \text{ЧСС} = \text{Аритмия} \rightarrow z=1,$$

т.е. правило опирается на максимально обобщенные данные, а не на X. Оказывается, это правило работает и на других данных, например, при низкой температуре или брадикардии (имеет место ПЕРЕНОС). Как отмечает Дэвид Дойч в работе [6] "Возможно, это звучит парадоксально, но смысл глубоких обобщенных объяснений состоит в том, что они охватывают не только знакомые ситуации, но и незнакомые".

Зафиксируем произвольное t и на X_t зададим два взаимообратных порождающих отображения C_t: $X_t \rightarrow 2^{Xt}$ и B_t: $X_t \rightarrow 2^{Xt}$ со следующими свойствами:

(a) $\forall x \in X_t\ C_t(x) \cap B_t(x) = \varnothing$;

(b) $x' \in C_t(x) \Leftrightarrow x \in B_t(x')$;

(c) Если $x' \in C_t(x)$, то $C_t(x') \subset C_t(x)$. Если $x' \in B_t(x)$, то $B_t(x') \subset B_t(x)$.

(d) $\forall x \in X_t\ |C_t(x)| < \infty$.

(e) когерентность: $\forall x \in X_t\ a(x) \rightarrow a(C_t(x))$, где a – оператор активности.

Когерентность обеспечивает связность (вычислимость) в рамках $C_t(x)$. Для $B_t(x)$ такой когерентности нет, но может быть, например перколяция активности.

Примечание. Динамика активности на X_t и любом $C_t(x)$ играет огромную роль в понимании механизмов «мышления» [7 - 9]. Когерентность обеспечивает сверхвысокий уровень параллелизма.

$C_t(x)$ назовем *конусом обобщения для* $x \in X_t$, а $B_t(x)$ *конусом детализации* для $x \in X_t$ (рис. 2). Отличие между ними состоит в характере распространения активности (тонкую структуру активности показывают вложенные конуса). В общем случае C_t и B_t имеют структуру физического фрактала.

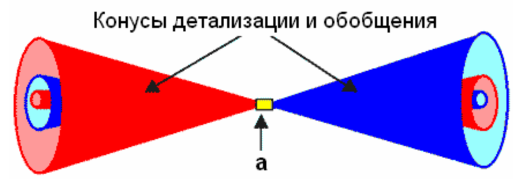

Рисунок 2 – Конусы обобщения и детализации для значения a

Пример C_t(<38°, 100>) и B_t(<Ненорм; Аритмия>) показан на рис. 1 (по внешнему виду они совпадают). Динамика изменения X_t во многом определяется эволюцией C_t и B_t, а также поступлением внешних данных (прецедентов).

Терминальным назовем множество $T_t = \{x|\ x \in X_t,\ C_t(x) = \varnothing\}$. *Базовым* назовем множество $H_t = \{x|\ x \in X_t,\ B_t(x) = \varnothing\}$. Базовое множество можно интерпретировать как множество наиболее точных исходных данных. В частном случае $X_t = H_t = T_t$. Определим следующее свойство:

(f) $\forall t,\ T_t \neq \varnothing,\ H_t \neq \varnothing$; $\quad X_t = \cup_{x \in Ht} C_t(x) \cup H_t = \cup_{x \in Tt} B_t(x) \cup T_t$.

Данные x и x′ из X_t назовем *альтернативными*, если не существует такого $x'' \in X_t$, что $x \in C_t(x'')$ и $x' \in C_t(x'')$. Множество всех альтернативных данных для $x \in X_t$ обозначим $U_t(x)$, где U_t: $X_t \rightarrow X_t$. Множество $U_t(x)$ может быть пустым. Конусы обобщения не содержат альтернативные значения. Для любых $x \in X_t$ и $x' \in X_t$

верно: $x \in U_t(x') \Leftrightarrow x' \in U_t(x)$. Отношение альтернативности не транзитивно. Другими словами, отношение U_t не рефлексивно, коммутативно и не транзитивно. Определим следующее свойство:

(g) В описании любой реальной ситуации α (исходных данных задачи) не могут одновременно присутствовать альтернативные данные.

Интерпретация: в качестве исходных данных одной и той же задачи могут быть разные x (разной степени обобщения), но одновременно и «белыми» и «черными» они быть не могут. Пример: у человека одновременно и тахикардии и брадикардии быть не может.

Теорема 1. Все элементы множества H_t альтернативны.

Следствием теоремы является, в частности, то, что наиболее точные исходные данные задачи (из H_t) могут быть только в единственном экземпляре.

Множество всех $x \in X_t$ не имеющих альтернативы обозначим W_t.

Теорема 2. Безальтернативное множество $W_t \subset X_t$ определяется выражением

$$W_t = \cap_{x \in Ht} C_t(x)$$

Вместе с множеством заключений Z будем рассматривать неопределенное заключение u (когда нет однозначности решения задачи). Пусть $Z' = Z \cup u$. Определим следующее свойство:

(h) На $<X_t, Z'>$ определено отношение *доминирования* $D(x, x') \equiv x < x'$, обладающее следующими свойствами:

(i) $x \neq x'$, $D(x, x') \Leftrightarrow x' \in C_t(x) \Leftrightarrow x \in B_t(x')$;

(ii) Если $P(x,u)$, то $\forall x' \in C_t(x)\ P(x',u)$;

(iii) Если $P(x,z_x)$, то $\forall x' \in B_t(x)\ P(x',z_x)$.

Следствием свойства (d) отображения C_t является то, что любая последовательность $\{x_n\}_x \equiv \{x{=}x_1 < x_2 < \ldots < x_n\}$ конечна.

Критическим множеством на X_t назовем множество следующего вида (аналог «края Хаоса»):

$X_t^* = \{x^* | \ x^* \in X_t\ \exists! z \in Z\ P(x^*,z)$, но либо $x^* \in T_t$, либо $\forall x \in X_t\ \&\ (x^* < x)\ P(x,u)\}$.

Надкритическим назовем множество $X_t^+ \subseteq X_t$ такое, что $P(x,u) \Leftrightarrow x \in X_t^+$ (аналог «Хаоса») *Докритическое* множество X_t^- определим следующим образом: $X_t^- = X_t \backslash\ X_t^+ \backslash X_t^*$ (аналог «Порядка»). В рамках докритического множества задача решается, но исходные данные x могут быть обобщены без ущерба для результата.

Теорема 3 (структуризация смыслового пространства). Если решается исходная задача $[\forall x \in X\ \exists! z \in Z\ P(x, z)]$ и фиксированы C_t и B_t, то множество X_t^* существует и единственно для любого t. Кроме того,

$$X_t = X_t^- \cup X_t^* \cup X_t^+, \qquad (4)$$

где X_t^- – докритическое множество; X_t^* - критическое множество; X_t^+ - надкритическое множество.

Данная теорема формирует *научные основы рациональной структуризации быстро растущих объемов информации*: развивается «аппарат понимания», а не «аппарат знания».

Теорема 4. $\forall t\ \forall x \in (X_t^- \cup X_t^*) \backslash T_t\ P(x, z_x) \Rightarrow \forall x' \in C_t(x) \cap (X_t^- \cup X_t^*)\ P(x', z_x)$

Данная теорема говорит о том, что при обобщении сохраняется заключение. Напомним, что одно из свойств отношения доминирования гарантирует сохранение заключения при детализации.

Теорема 5. $\forall t\ \ \forall x \in (X_t^- \cup X_t^*) \backslash T_t,\ \ \forall \{x_n\}_x\ \ P(x_n,\ z)$ справедливо

$$\mathrm{Lim}_{n \to \infty} \{x_n\}_x \in X_t^*.$$

Следствие (грубость). $\forall t\ X_t^*$ – аттрактор любой активности на $X_t^- \cup X_t^*$, т.е. $X_t^- \cup X_t^* \to_a X_t^*$.

Пусть F(x) – произвольный представитель класса операторов обобщения $\{F\}_t$, которые выдают либо доминирующее значение x′, если оно существует (разные операторы класса отличаются правилами выбора x′), либо само x. Областью определения таких операторов-функций является подмножество X_t, на котором существует и единственно решение задачи. Это множество $X_t^- \cup X_t^*$. Следовательно,

$$\forall t\ \forall F \in \{F\}_t\ \ F: X_t^- \cup X_t^* \to X_t^- \cup X_t^*.$$

Теорема 6. X_t^* – множество *собственных значений* любого оператора обобщения $F \in \{F\}_t$:

$$x \in X_t^* \Leftrightarrow F(x) = x. \quad (5)$$

Соотношение (5) может служить еще одним определением критического множества X_t^*.

Теорема 7. Решение обобщенной задачи [$\forall t$, $X_t^- \cup X_t^* \to_a X_t^*$, $\forall x \in X_t^*$ $\exists! z \in Z$ $P(x,z)$] означает решение исходной задачи [$\forall x \in X$ $\exists!$ $z \in Z$ $P(x, z)$].

Гипотеза. У когнитивных систем X_t^* является результатом самоорганизованной критичности. Эволюция предельных множеств

$$\ldots \to X^*_{t-1} \to X_t^* \to X^*_{t+1} \to \ldots \quad (6)$$

приводит к эволюционной или чаще катастрофической смене моделей знаний (результата обучения) и формированию коммуникативных «собственных значений». Главная задача ИТ – радикально ускорить формирование X^*_t в сознании пользователя (пользователь пытается фальсифицировать ИТ-модели).

К эволюции X_t следует добавить эволюцию $Y_t = \langle X_t, Z_t \rangle$, где Y_t - смысловое пространство Z-задачи. Смысловые пространства разных Z-задач могут пересекаться. $\Psi_t = \{Y_t\}$ – смысловой универсум (совокупность всех задач). Следует рассматривать совместно эволюцию и метаэволюцию (эволюцию механизмов, инструментов)

$$\ldots \to \langle Y, C, B, a \rangle_t \to \langle Y, C, B, a \rangle_{t+1} \to \ldots$$

Отображения C, B, *a* определены на всем Y_t.

В психологии существует представление **о среднем – базовом уровне** категоризации. Модель этого уровня: $H_t \leftrightarrow X_t^* \leftrightarrow T_t$

Решение задачи $\forall x \in X_t^*$ $\exists! z \in Z$ $P(x,z)$. Предполагается, что X_t^* достаточно компактно (конечно), поэтому для решения можно использовать предельную модель знаний вида $k_t^* = \{x^* \to z\}_t = \{S^*\}_t$, где S^*– предельные синдромы. Модель знаний k_t^* является пределом эволюции (самоорганизации) моделей знаний $k_t = \{x \to z\}_t = \{V\}_t$, где V – идеальные закономерности (когерентность закономерностей) [9]. Модель знаний k_t^* строится на основе базы прецедентов $\Omega_t = \{\langle x_1, z_1 \rangle, \ldots, \langle x_n, z_n \rangle\}$. Решение - $P(x, k_t^*, z)$.

Гипотеза переноса: k_t^* в пределе ($t \to \infty$) представляет все X_t^* и, следовательно, все X_t, а не только Ω_t.

Теорема 8. Пусть по построению $\forall t$ k_t^* существует и конечно, тогда $\exists!\{k_{min}\}_t$: $\forall j$ $k_{min,j} \sim k_t^*$ (эквивалентны по доминированию).

Примечание. Существует два типа минимальных моделей знаний: с исключением какого-либо одного $\underline{z}$ и без исключения [9].

Множество моделей $\{k_{min}\}_t$ при ($t \to \infty$) являются «*собственными формами*» процесса обобщения, которые, материализуясь порождают «собственное поведение». В повторяющемся процессе рекурсивно организованных сенсомоторных актов различения, взаимных возмущений и реакций на возмущения возникают инварианты во взаимоотношениях сложных систем с внешней средой. Основатель кибернетики второго порядка (кибернетики наблюдателя) Гейнц фон Фёрстер (von Foerster) назвал подобные инварианты «собственное поведение» (eigenbehavior) [10] по аналогии с давно известным в математике понятием «собственный вектор» (eigenvector). Фактически, собственное поведение - это неподвижная точка оператора, остающаяся неизменной при его действии (в ходе бесконечного числа рекурсий).

Некоторые из предельных синдромов S^* при достаточно большом t и с большим подкреплением на базе прецедентов Ω_t можно рассматривать в качестве *предпараметров и параметров порядка* эволюции ситуации, процесса. На основе конкурирующих наборов параметров порядка $\{S^*\}_t$, а также предвестников, может быть реализован синдромный принцип управления (решения задач управления) [7, 8].

Набросок сущности «Информация» с позиции наблюдателя. Пусть сообщение x передается получателю (наблюдателю). Опираясь на разработанный выше формализм, рассмотрим вопрос о том, какую информацию у наблюдателя генерирует x. Формализм показывает, что x запускает у наблюдателя, в частности, следующие процессы:

a) $C_t(x)$ – когерентность; $B_t(x)$ – перколяция;

b) $x \to_a X_t^*$ – критичность;

c) $\{S = (x^* \to z)\}$ – актуализация поведения, различения, продолжения коммуникации;

d) $C_t(x) \rightarrow C_{t+1}(x)$; $X_t^* \rightarrow X^*_{t+1}$; … – циркулярность, самоорганизованная критичность (может спонтанно и катастрофично меняться модель мира).

Вывод: *информация нигде не хранится, не передается, а являет собой актуализирующийся моментально и только единожды субъективный результат коммуникации*. Информацию поэтому нельзя "накопить" в памяти или "переписать на другой носитель". Сообщение x выступает лишь ситуативным катализатором информации (зависит от текущей энергии). Таким образом, информация, различия привносятся в мир наблюдателем. Подобная интерпретация информации по духу близка интерпретации Никласа Лумана [11].

ЛОГИКА ИСПОЛНЕНИЯ

$\forall j$ $k_{min,j}$ «материализуется» в функциональную систему (ФС). Любая ФС на прикладном уровне решает задачу $\forall x \in X_t^*$ $\exists! z \in Z$ $P(x,k_{min},z)$ и, следовательно, в пределе ($t \rightarrow \infty$) решает обобщенную задачу $[\forall t, X_t^- \cup X_t^* \rightarrow_a X_t^*, \forall x \in X_t^* \exists! z \in Z\, P(x,z)]$.

В рамках ФС рассматриваются вопросы [7]: «собственное поведение», иерархия ФС, гомеостаз ФС, фрактальное время, критический путь, отказоустойчивость и другие. ФС позволяют реализовать технологию *банка взаимодействующих наблюдателей*.

Синдромный принцип управления (СПУ). Помимо синдромной модели k_t^* существует также модель знаний в виде множества вероятностных закономерностей или предвестников

$$k_R = \{x \rightarrow J_z\, z\}_t = \{R\}_t; \quad k^*_R = \{R^*\}_t,$$

где R– вероятностные закономерности или предвестники; R^* - предельные вероятностные закономерности; J_z - оператор оценки истинности. СПУ – это управление на основе параметров порядка $\{S\}_U \cup \{R\}_U$. Под *Z*-задачами понимаются три основные задачи ($\{\underline{\tau}/T\}$ - разновидность x) [8]: а) различения: $\alpha(\{\underline{\tau}/T\}, z/Z?)$; б) перевода в целевое состояние: дано $\alpha(\{\underline{\tau}/T\}, \underline{z}⊠/Z)$, найти $\{S\}_U \cup \{R\}_U$ такое, что $\underline{z}⊠/Z \rightarrow \underline{z}/Z$; в) стабилизации: достигнут целевой результат $\underline{z}/Z$, требуется его закрепить или удержать (добавляются «хорошие» синдромы и предвестники и удаляются «плохие» предвестники). Все три задачи решаются одинаково на основе ФС и СПУ. Развертывание Z-задач во времени образует *Z*-поток – *Z-Flow*.

Спиральная когнитивная метадинамика (СКД) [7]**.** Для исследования критических систем часто применяется прием, называемый *масштабным преобразованием*, или *перенормировкой*. Перенормировка заключается в огрублении пространственного разрешения, в результате чего несколько элементов исходной системы объединяются в единый блок, который на новом масштабе уже рассматривается как самостоятельный элемент. При этом свойства критических систем одинаковы на всех масштабах.

Пусть Gs(W) - орграфы набросков произвольных явлений W, в частности, банков прецедентов Ω_t. Орграфы набросков строятся на основе порождающих отображений $\langle C, B\rangle_{t,\nu,Y}$ слоя ν задачи Y.

Зададим метапереход (перенормировку) следующим образом:

$$\{Gs(W)\}_{t,\nu,\Psi} \rightarrow \langle C, B\rangle_{\nu+1,\{Y'\}}, \tag{7}$$

т.е. орграфы набросков слоя ν универсума Ψ переходят в порождающие отображения слоя $\nu+1$ в рамках новых задач {Y'} (происходит «означивание»). При этом в рамках каждой Z-задачи всех предыдущих слоев реализуется собственная самоорганизованная критичность ($t_{\nu,Z} \rightarrow \infty$), описанная выше. Получается **спираль усложнения универсума** Ψ (рост интеллектуальности). В результате универсум Ψ = {Y} имеет слоистую структуру: каждый следующий слой порождается предыдущим слоем.

Таким образом, СКД раскрывает самопроизвольную динамику усложнения смыслового универсума Ψ, а также показывает механизм формирования связки порождающих отображений $\langle C, B\rangle$.

Математически однородное поле компьютерной информации. Детализация представленного формализма позволяет на прикладном уровне разработать и реализовать следующие модели [7 - 9]: математические базисы высокого уровня; когнитивные модели языков программирования; математически однородное поле компьютерной информации; транзитивно-индукторные вычислительные поля. Данные модели основаны на том, что любые преобразования, движения, вывод, импульсы, вычислительные модели в системе координат $\{G(\tau)\}$ (банк тестов) можно описать с помощью *динамических системопаттернов* (или просто системопаттернов) вида

$$f/\mu: \{a/A\}, e/E \to \{b/B\}, \quad \mu \in \{\mu\}_f,$$

где $\{a/A\}$ — входные тесты; $\{b/B\}$ — выходные тесты; e/E — требуемая структурная энергия, ресурсы; μ — механизм реализации. Системопаттерны могут объединяться в иерархии ФС [7].

В самом общем виде произвольный *банк математических моделей k* и, соответственно, математически однородное поле компьютерной информации в рамках многообразия с системой координат $\{G(\tau)\}$ можно представить в виде множества системопаттернов:

$$k = \{f/\mu: \{J_a\, a/A\}, J_e\, e/E \to \{J_b\, b/B\},$$
$$\mu \in \{\mu\}_f,\} \cup P_k,\ \{Gs(f/\mu)\} \subset k, \qquad (8)$$

где J — оператор оценки истинности, который также является тестом; P_k — правила композиции и обобщения системопаттернов и/или передачи структурной энергии. Последнее условие отражает тот факт, что орграфы набросков системопаттернов также принадлежат *k*. На базе *k* можно строить суррогатные модели, формировать вычислительные потоки и потоки работ. Множество механизмов $\{\mu\}_f$, и множество системопаттернов $\{f/\mu\}$ указывают на важное свойство *разнообразие* (Diversity) или *мультиверсионность* вычислений (Multy-Version Computing) на всех системных уровнях.

Важно отметить, что модель (8) реализует трансдисциплинарный подход: на основе орграфов значений, доменов, набросков интегрируются все формализмы – дискретные, непрерывные, нечеткие, интервальные, фрактальные, лингвистические, квантовые и т.д.

Пример построения систем смыслопорождения на основе представленного формализма приведен в [8]. Примеры построения многоцелевых банков знаний и когнитивных ядер интеллектуальных сред приведены в [7, 9].

Заключение. Представленные результаты позволяют по новому подойти к построению систем компьютерной поддержки принятия решений, реализуя действительно экологический подход. Однородное поле компьютерной информации позволяет строить мультиагентные гетерогенные рефлексивные среды, например, в медицине и образовании.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Zatuliveter Ju. S., Fishhenko E. A. Grafodinamicheskie sistemy s setecentricheskim upravleniem v matema-ticheski odnorodnom pole komp'juternojj informacii // Upravlenie bol'shimi sistemami.- 2010. - №30-1. - S.567-604.
2. Prokopchuk Ju.A., Kodola G.N., Volynec N.S. «Obraznyjj» Internet kak superpozicija i obobshhenie getero-gennykh intellektual'nykh sred // Sbornik dokladov XI–jj Mezhdunarodnojj nauchno – prakticheskojj konfe-rencii «Matematicheskoe i programmnoe obespechenie intellektual'nykh sistem» (Dnepropetrovsk, 20-22 nojabrja 2013 g.). – Dnepropetrovsk: Iz-vo DNU, 2013. – S. 204 – 205.
3. Gribova V.V., Kleshhev A.S. Kakojj dolzhna byt' paradigma reshenija zadach na osnove baz znanijj? // Materia-ly IV Mezhdunarodnojj nauchnojj konferencii «Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovanija intellektual'nykh sistem – OSTIS-2014» (Minsk, 21-23 fevralja 2014 g.). – Minsk: BGUIR, 2014. – S. 131 – 135.
4. Zadeh L. Generalized Theory of Uncertainty (GTU) – Principal Concepts and Ideas// Computational Statistics and Data Analysis. – 2006. – №51. – P.15-46.
5. Malineckijj G.G. Teorija samoorganizacii. Na poroge IV paradigmy // Komp'juternye issledovanija i modelirovanie. – 2013. - T. 5. - № 3. - S. 315–366.
6. Dojjch D. Struktura real'nosti. – M.: RKhD - Moskva-Izhevsk, 2001. – 178 s.
7. Prokopchuk Ju.A. Slozhnosistemnoe myshlenie: mul'tifraktal'naja dinamika ritmokaskadov aktivnosti. Modeli i realizacija. // Mizhvuzivs'kijj zbirnik naukovikh prac' «Problemi informacijjnikh tekhnologijj». – 2013. – №02 (014). – S. 78 - 89.
8. Prokopchuk Ju.A. Postroenie sistem smysloporozhdenija na osnove paradigmy predel'nykh obobshhenijj / Ju.A. Prokopchuk // Reestracija, zberigannja i obrobka danikh. — 2014. — T. 16, № 1. — S. 88-96.
9. Prokopchuk Ju.A. Modeli kognitivnykh arkhitektur i processov na osnove paradigmy predel'nykh obobshhenijj / Ju.A. Prokopchuk // Kibernetika i vychisl. tekhnika. – 2013. - Vyp. 171. - S. 37-51.
10. Von Foerster H. Principles of self-organization in socio managerial context // Self-organization and management of social system / Ulrich H., ed. - Springer Series in Synergetics: Springer-Verlag. - Vol.26. - 1984.
11. Luman, N. Social'nye sistemy. Ocherk obshhejj teorii / Per. s nem. I. D. Gazieva; pod red. N. A. Golovina. — SPb.: Nauka, 2007. — 648 c.